

Abwärtswandler

Der **Abwärtswandler** (englisch: buck-converter, step-down-converter) wandelt eine Eingangsspannung in eine niedrigere Ausgangsspannung. Er wird auch **Tiefsetzsteller** genannt.

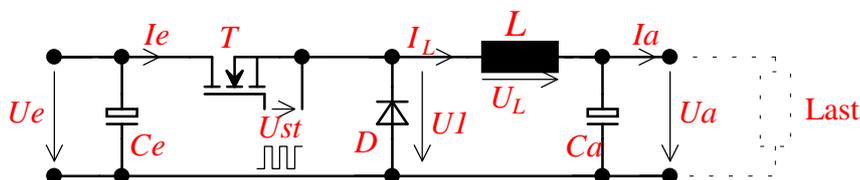


Abbildung 1.1.1: Abwärtswandler

Abbildung 1.1.1 zeigt das prinzipielle Schaltbild eines Abwärtswandlers. Der Transistor T arbeitet als Schalter, der mittels der pulsweiten-modulierten Steuerspannung U_{st} mit hoher Frequenz ein- und ausgeschaltet wird. Der Quotient zwischen Einschaltzeit zu Periodendauer $\frac{t_1}{T}$ heißt **Tastverhältnis** oder **Tastgrad** (englisch: duty cycle).

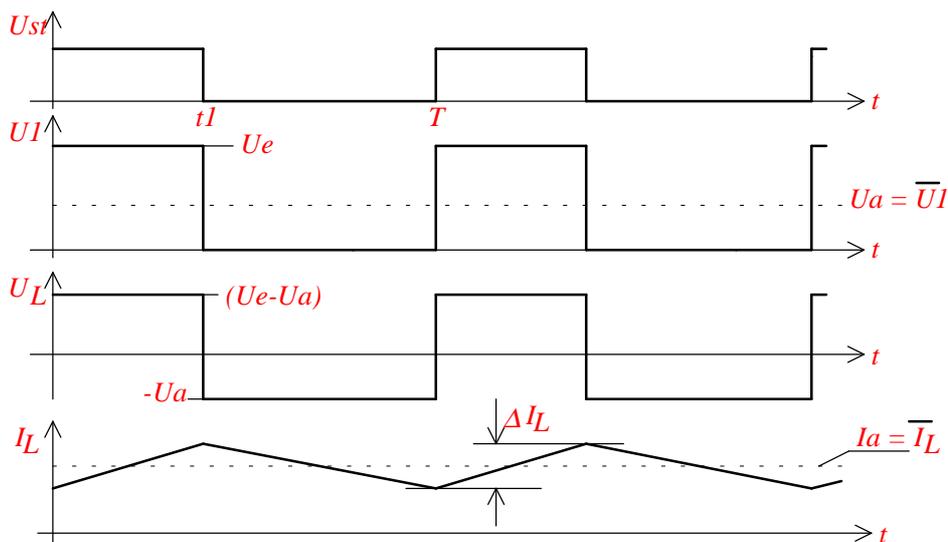


Abbildung 1.1.2: Spannungen und Ströme beim Abwärtswandler

Für die folgende Funktionsbeschreibung der Schaltung sei vereinfachend angenommen, daß der Transistor und die Diode keinen Spannungsabfall während der jeweiligen Einschaltphasen haben.

Während der Einschaltphase des Transistors ist die Spannung U_1 gleich U_e . Während seiner Sperrphase zieht die Induktivität L ihren Strom durch die Diode und die Spannung U_1 wird somit zu Null. Voraussetzung dafür ist, daß der Strom I_L nie Null wird. Diesen Betriebsfall nennt man **kontinuierlicher Betrieb** bzw. **nicht lückender Betrieb** (englisch: continuous mode). U_1 ist demnach eine Spannung, die zwischen U_e und Null Volt entsprechend dem Tastverhältnis von U_{st} springt, siehe Abbildung 1.1.2. Der nachfolgende Tiefpaß, gebildet aus L und C_a , bildet den Mittelwert von U_1 . Damit ist $U_a = \overline{U_1}$, bzw es gilt

für den kontinuierlichen Betrieb:

$$U_a = \frac{t_1}{T} U_e$$

- Die Ausgangsspannung ist im kontinuierlichen Betrieb nur vom Tastverhältnis und der Eingangsspannung abhängig, sie ist lastunabhängig.

Der Strom I_L hat dreieckförmigen Verlauf. Sein Mittelwert ist durch die Last bestimmt. Seine Welligkeit ΔI_L ist von L abhängig und kann mit Hilfe des Induktionsgesetzes berechnet werden:

$$u = L \frac{di}{dt} \rightarrow \Delta i = \frac{1}{L} \cdot u \cdot \Delta t \rightarrow \Delta I_L = \frac{1}{L} (U_e - U_a) \cdot t_1 = \frac{1}{L} U_a (T - t_1)$$

Mit $U_a = \frac{t_1}{T} U_e$ und einer gewählten Schaltfrequenz f folgt daraus für den kontinuierlichen Betrieb:

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} (U_e - U_a) \cdot \frac{U_a}{U_e} \cdot \frac{1}{f}$$

- Die Stromwelligkeit ΔI_L ist lastunabhängig. Der Mittelwert des Stromes I_L ist gleich dem Ausgangsstrom I_a .

Bei kleinem Laststrom I_a , nämlich wenn $I_a \leq \frac{\Delta I_L}{2}$ ist, wird der Strom I_L in jeder Periode zu Null. Man nennt dies den **lückenden Betrieb** bzw. **diskontinuierlichen Betrieb** (englisch: discontinuous mode). In diesem Falle gelten die oben angegebenen Berechnungen nicht mehr.

Berechnung von L und C_a :

Für die Berechnung von L wird zunächst ein sinnvoller Wert für ΔI_L gewählt. Wählt man ΔI_L sehr klein, so führt das zu unverhältnismäßig großen Induktivitätswerten. Wählt man ΔI_L sehr groß, so wird der zum Zeitpunkt t_1 vom Transistor abzuschaltende Strom sehr groß, d.h. der Transistor wird hoch belastet. Üblich ist daher die Wahl: $\Delta I_L = 0,1 \dots 0,2 \cdot I_a$

damit folgt für L :

$$L = \frac{1}{\Delta I_L} (U_e - U_a) \cdot \frac{U_a}{U_e} \cdot \frac{1}{f}$$

Der Maximalwert des Induktivitätsstromes beträgt: $\hat{I}_L = I_a + \frac{1}{2} \Delta I_L$.

Der Effektivwert beträgt näherungsweise: $I_{Leff} \approx I_a$

Den Ausgangskondensator C_a wählt man so, daß die Grenzfrequenz des LC -Tiefpasses um den Faktor 100...1000 unterhalb der Taktfrequenz liegt. Eine genaue Bestimmung des

Kondensators hängt von seiner Wechselstrombelastbarkeit und seine Serienerersatzimpedanz Z_{\max} ab (beides kann dem entsprechenden Datenblatt entnommen werden).

Die Welligkeit ΔI_L verursacht am Ausgangskondensator eine Spannungswelligkeit ΔU_a .

Diese ist bei dem hier relevanten Frequenzbereich maßgeblich bestimmt durch die resultierende Impedanz des Ausgangskondensators:

$$\Delta U_a \approx \Delta I_L \cdot Z_{\max}$$

Die Wahl des Ausgangskondensators richtet sich also nach der Impedanz Z_{\max} des Kondensators. Z_{\max} kann dem Datenblatt des Ausgangskondensators entnommen werden.